

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-296879

(43)Date of publication of application : 12.11.1993

(51)Int.Cl.

G01M 11/02

(21)Application number : 04-125678

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 17.04.1992

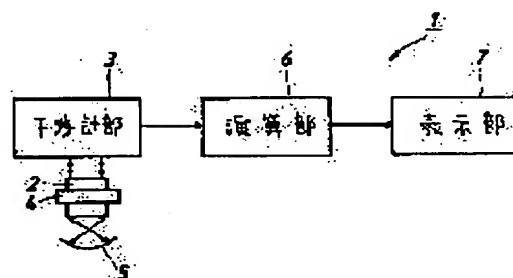
(72)Inventor : ARIGA SUSUMU  
OOKAWA KANEYASU

## (54) METHOD AND EQUIPMENT FOR MEASURING OPTICAL PERFORMANCE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve the precision in measurement of a spatial frequency characteristic of an optical system 2 to be inspected, by measuring transmission wavefront aberrations at an arbitrary position and positions taken by rotations at angles of 90 and 180 degrees around the optical axis of the optical system and by executing operational processings.

**CONSTITUTION:** On the occasion of measurement of MTF (spatial frequency characteristic) of an optical system 2 to be inspected, the transmission wavefront aberration of the optical system 2 is measured by an interferometer part 3 while the optical system 2 is rotated by an rotating mechanism 4. First, aberration WA is obtained at an arbitrary position around the optical axis and aberration WB and aberration WC are obtained at positions taken by rotations at angles of 90 and 180 degrees respectively. The transmission wavefront aberrations thus determined are subjected to computations of  $WAS = (WA - WB)/2$  and  $WCM = (WA - WV)/2$  by an arithmetic part 6 and also these WA, WAS and WCM are subjected to the development of Zernike. As to the coefficient of Zernike developed, a spherical aberration component is extracted from WA, an astigmatic component from WAS and a core part from WCM. The wavefront aberration is computed from the coefficient of Zernike extracted and the MTF is determined thereby and displayed in a display part 7.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3230536

[Date of registration] 14.09.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-296879

(43) 公開日 平成5年(1993)11月12日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 M 11/02

A 8204-2G

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平4-125678

(22) 出願日 平成4年(1992)4月17日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目43番 2 号

(72) 発明者 有賀 進

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目43番 2 号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 大川 金保

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目43番 2 号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

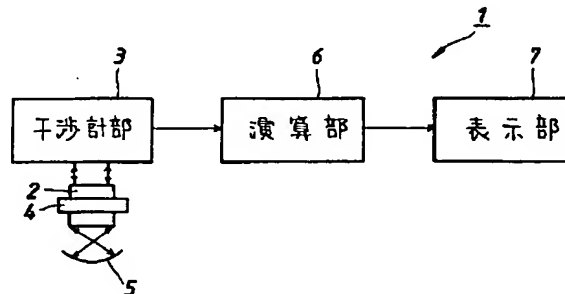
(74) 代理人 弁理士 奈良 武

(54) 【発明の名称】 光学性能測定方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 被検光学系の M T F の測定精度の向上を図る。

【構成】 被検光学系 2 の透過波面収差を測定する干渉計部 3 と、光軸を中心に被検光学系 2 を回転する被検光学系回転機構 4 を設ける。被検光学系 2 を任意の位置、その位置から 90°、180° 回転してそれぞれ測定した透過波面収差 W A、W B、W C から、 $W A S = (W A - W A) / 2$ 、 $W C M = (W A - W C) / 2$  の演算及び W A、W A S、W C M をそれぞれツェルニケの展開をし、この展開されたツェルニケの係数を、W A より球面収差成分、W A S よりアス成分、W C M より成分を抜き出し、この抜き出したツェルニケの係数より波面収差を演算するとともに、この算出した波面収差より M T F を求める演算部を設ける。この M T F の演算結果を表示する表示部を設ける。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検光学系の透過波面の透過波面収差を干渉計部により測定する際、まず、被検光学系を光軸を回転軸とした任意の位置で測定して透過波面収差WAを求め、次に、被検光学系を光軸を中心に90°回転して測定し透過波面収差WBを求め、さらに、被検光学系を最初の位置から180°の位置に回転して測定し透過波面収差WCを求め、この求めた透過波面収差を演算部により、 $WAS = (WA - WB) / 2$ 、 $WCM = (WA - WC) / 2$ と演算するとともに、このWA、WAS、WCMをそれぞれツェルニケの展開をし、展開されたツェルニケの係数を、WAより球面収差成分、WASよりアス成分、WCMよりコマ成分を抜き出し、抜き出したツェルニケの係数より波面収差を演算し、この演算した波面収差よりMTFを求めることを特徴とする光学性能測定方法。

【請求項2】 被検光学系の透過波面収差を測定する干渉計部と、光軸を中心に被検光学系を回転する被検光学系回転機構と、被検光学系を任意の位置、その位置から90°、180°回転してそれぞれ測定した透過波面収差WA、WB、WCから、 $WAS = (WA - WB) / 2$ 、 $WCM = (WA - WC) / 2$ の演算及びWA、WAS、WCMをそれぞれツェルニケの展開をし、この展開されたツェルニケの係数を、WAより球面収差成分、WASよりアス成分、WCMよりコマ成分を抜き出し、この抜き出したツェルニケの係数より波面収差を演算するとともに、この演算した波面収差よりMTFを求める演算部と、このMTFの演算結果を表示する表示部とからなる光学性能測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光学系の性能を測定する方法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、光学系の測定方法、特にMTF（空間周波数特性）について測定する方法としては、干渉計により被検光学系の透過波面収差を測定し、その透過波面収差からMTFを求める方法が知られており、その一般的な方法が、「位相変調干渉法を用いた表面形状計測」（「オプトロニクス」1989年11月号、42～47頁）に記載されている。図8は、この方法に使用される従来の光学性能測定装置を示しており、光源から射出したレーザビームaは、光路途中のビームスプリッタbにより2分され、一方のレーザビームaは、被検光学系cを透過し反射鏡dで反射し物体光として再び光路に戻る。他方のレーザビームは、精度良く作られた参照鏡eで反射し参照光となる。そして、物体光と参照光はビームスプリッタbで重ね合わされて干渉する。次に、回折の影響を押さえるためにこれらの光を結像光学計fに通過させた後、二次元の撮像素子gに干渉縞を投影す

2

る。撮像素子gで測定された干渉縞の強度情報は、コンピュータhに送られるが、この強度情報は、コントローラiの制御により駆動される位相変調素子jにより参照鏡eの位置を変化させて得られたものであり、これは、光路長を変化させた状態においての情報となっている。そして、この情報に基づいてコンピュータhが位相を計算し、被検光学系cの透過波面収差を計算する。図9は、この透過波面収差からMTFを算出するアルゴリズムであり、透過波面収差をフーリエ変換することにより点像強度分布を求め、さらにフーリエ変換してOTF（光学的伝達関数）を求める。そして、このOTFの振幅情報を求めることによりMTFを求め、被検光学系cの光学性能を評価するものである。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記従来技術においては以下のような問題点があり、光学系の性能測定手段（MTFの測定手段）としては満足できるものではなかった。すなわち、図8、図9にて示す方法は、被検光学系cの透過波面収差からMTFを求めるとき、反射鏡dの面精度の悪さが測定誤差としてのってくる。このため、被検光学系cの正確なMTFが求められないという問題点があった。本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、反射鏡による被検光学系の測定精度の劣化を低減することができ、MTFの測定精度の向上を図ることができる光学性能測定方法及び装置を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段および作用】 上記目的を達成するために、本発明の光学性能測定方法は、図1及び図2に示すように、被検光学系2のMTFの測定に際し、干渉計部3により被検光学系2の透過波面収差を測定する。この時、まず被検光学系2を光軸を回転軸とした任意の位置において測定し、透過波面収差WAを得る。次に、被検光学系2を被検光学系回転機構4にて光軸を中心に90°回転した位置において測定し、透過波面収差WBを得る。さらに、被検光学系2を同じく最初の位置から180°回転した位置において測定し、透過波面収差WCを得る。そして、この測定値WA、WB、WCを図2に示すように演算部6において演算処理してMTF13を求め、この値を表示部7にて表示する。この演算部6による演算処理は、まず、干渉部3により測定された被検光学系2の各透過波面収差8（WA、WB、WC）より、 $WAS = (WA - WB) / 2$ 、 $WCM = (WA - WC) / 2$ の演算処理9を行なう。次に、WA、WAS、WCMをそれぞれツェルニケの展開をしてツェルニケの係数を演算する演算処理10を行なう。さらに、WAより球面収差成分、WASよりアス成分、WCMよりコマ成分の係数を抜き出し、抜き出した係数を使いツェルニケの展開式で波面収差を演算する演算処理11を行なう。そして、この波面収差のOTFを演算処

3

理12で求め、このOTFの振幅情報を求めることにより被検光学系のMTF13を求める。

【0005】また、本発明の光学性能測定装置1は、図1の概念図に示すように、被検光学系2の透過波面収差を測定する干渉計部3と、被検光学系2を光軸を中心に回転する被検光学系回転機構4と、被検光学系2を任意の位置、その位置から90°、180°回転してそれぞれ測定した透過波面収差WA、WB、WCから、 $WAS = (WA - WB) / 2$ 、 $WCM = (WA - WC) / 2$ の演算及びWA、WAS、WCMをそれぞれツェルニケの展開をし、この展開されたツェルニケの係数を、WAより球面収差成分、WASよりアス成分、WCMよりコマ成分を抜き出し、この抜き出したツェルニケの係数より波面収差を演算するとともに、この演算した波面収差よりMTFを求める演算部と、このMTFの演算結果を表示する表示部とから構成した。

【0006】

【実施例1】図3は、本発明に係る光学性能測定装置1の実施例1を示す構成説明図である。なお、以下の説明において、図1に示した各構成部に対応する構成部には、その構成の理解を容易にするために同一符号を付すものとする。図において、2は被検光学系、3は被検光学系2の透過波面収差を測定する干渉計部、4は被検光学系2を光軸を中心に正確に90°及び180°の角度を回転しうするための角度目盛りのついた被検光学系回転治具、5は被検光学系2を透過した干渉計部3からのレーザー光を物体光として反射させる反射鏡、6は透過波面収差からMTFを求める演算部としてのコンピュータ、7はMTFの表示部としてのモニターである。干渉計部3は、トワイマングリーン型に組んで構成され、レーザー光源14、ビームスプリッタ15、レーザー光源14のレーザー光を平行に広げビームスプリッタ15に投射するビームエキスパンダー16、ビームスプリッタ15で2分した一方のレーザー光を参照光としてビームスプリッタ15に反射する参照鏡17、参照鏡17が固定され光軸方向に参照鏡17の位置を変化させるピエゾ素子を使用した位相変調素子18、位相変調素子18を介し参照鏡17を駆動するコントローラー19、上記物体光と参照光の干渉縞を投影させる二次元の撮像素子20及びビームスプリッタ15と撮像素子20との間に配置され物体光と参照光を回折を抑えるための結像レンズ21とからなっている。

【0007】次に、上記構成からなる装置1による光学性能測定方法の実施例を作用とともに説明する。まず、被検光学系2を図3に示すようにビームスプリッタ15を挟んでレーザー光源14と対向して配置する。そして、レーザー光源からレーザー光をビームスプリッタ15に照射する。レーザー光はビームエキスパンダー16により平行に広げられ、光路途中のビームスプリッタ15で2分される。2分された一方のレーザー光は、被検光学系2を透

4

過し、反射鏡5で反射され物体光として再び光路に戻る。他方のレーザー光は、精度良く作られた参照鏡17で反射され参照光となる。この物体光と参照光は、ビームスプリッタ15で重ね合わされて干渉し、二次元の撮像素子20に干渉縞が投影される。このとき、回折の影響を抑えるために結像レンズ21を通して撮像素子20に投影する。

【0008】ここで、コンピュータ6、コントローラー19、位相変調素子18、参照鏡17、撮像素子20によりフリンジスキャン法を行なうことにより位相を求め、被検光学系2の透過波面収差を計算する。このとき、まず、被検光学系2を光軸を回転軸とした任意の位置で測定し、このときの透過波面収差をWAとし、次に、この位置から被検光学系2を被検光学系回転治具4により光軸を中心に90°回転し、測定して得られた透過波面収差をWBとし、さらに、同じく最初の位置から180°の位置に回転して測定し、得られた透過波面収差をWCとする。そして、この測定値をコンピュータ6においてMTFを算出し、この値をモニター7にて表示する。次に、この時のコンピュータ6による演算処理を図4を用いて説明する。

【0009】干渉計部3にて測定された被検光学系2の上記3状態での透過波面収差8 (WA、WB及びWC)より、 $WAS = (WA - WB) / 2$ 、 $WCM = (WA - WC) / 2$ の演算処理9を行い、WA、WAS及びWCMをそれぞれツェルニケの展開をして、ツェルニケの係数を算出する演算処理10を行なう。そして、WAよりコマ成分の係数を抜き出し、抜き出した係数を使い、ツェルニケの展開式で波面収差を算出する。これを演算処理11で行なう。この波面収差の値をフーリエ変換して点像強度分布を求め、さらにフーリエ変換してOTF12を求める。そして、このOTF12の振幅情報を求めることによりMTF13を求める。本実施例によれば、以下に述べる他の実施例に比べ位相変調素子18の配置が容易となる。

【0010】

【実施例2】図5は、本発明に係る光学性能測定装置1の実施例2を示す構成説明図である。本実施例の装置1の特徴は、上記実施例1における干渉計部3をトワイマングリーン型に組んだ構成に換えて、干渉計部3をフィゾー型に組んだ点にある。この時、参照鏡17の代わりに、片面に反射防止コートをしたガラス板からなる参照板22をビームスプリッタ15と被検光学系2との間に配置する。そして、参照板22には、光路を邪魔しないように参照板22のふちに位相変調素子18を配置する。その他の構成は、実施例1と同様であるので、同様の構成部には同一符号を付して、その説明を省略する。

【0011】次に、本実施例の装置1を用いた光学性能測定方法の実施例を作用とともに説明する。まず、被検光学系2を図示の位置に配置する。そして、レーザー光源

5

14のレーザ光をビームエキスパンダー16により平行に広げ、ビームスプリッタ15を通過させる。通過したレーザ光は、参照板22で反射光と通過光とに分けられる。参照板22の反射光は、参照光となり再び光路に戻るとともに、参照板22の通過光は、被検光学系を透過して反射鏡5で反射され、物体光として再び光路に戻る。この物体光と参照光は重ね合わされて干渉する。この時、回折の影響を抑えるために結像レンズ21を通し、二次元の撮像素子20に干渉縞を投影させる。

【0012】ここで、コンピュータ6、コントローラ19、位相変調素子18、参照板22、撮像素子20によりフリンジスキヤン法を行なうことにより位相を計算し、被検光学系2の透過波面収差を計算する。このとき、まず、被検光学系2を光軸を回転軸とした任意の位置で測定し、このときの透過波面収差をWAとし、次に、この位置から被検光学系2を被検光学系回転治具4により光軸を中心に90°回転し、測定して得られた透過波面収差をWBとし、さらに、同じく最初の位置から180°の位置に回転して測定し、得られた透過波面収差をWCとする。そして、この測定値をコンピュータ6により、上記実施例1(図4参照)と同様に演算処理してMTFを算出し、この値をモニター7にて表示する。本実施例によれば、参照光と物体光とが共通路となるため、振動の影響や参照光路による誤差の影響を低減することができる。

【0013】

【実施例3】図6は、本発明に係る光学性能測定装置1の実施例3を示す構成説明図である。本実施例の装置1の特徴は、被検光学系回転治具4に回転角測定部23を取り付けて構成した点にある。この回転角測定部23には、コンピュータ6と接続したエンコーダ24と被検光学系2の回転をエンコーダ24に伝えるベルト25が設けられ、被検光学系2の回転量をエンコーダ24により電気信号(電気パルス)に変え、コンピュータ6で回転角度を計算し得るようになっている(図7参照)。その他の構成は、実施例2と同様であるので、同様の構成部には同一符号を付して、その説明を省略する。

【0014】次に、本実施例の装置1を用いた光学性能測定方法の実施例を説明する。本実施例の方法にあつては、被検光学系回転治具4により被検光学系2を回転

6

し、干渉計部3において透過波面収差を測定するとき、被検光学系2の回転量をエンコーダ24で電気信号に変換し、この信号をコンピュータ6で取り込んで被検光学系2の回転角度を計算し、モニター7で表示する。その他、干渉計部3による透過波面収差の測定、コンピュータ6による演算処理等は、上記実施例2と同様のため、その説明を省略する。本実施例によれば、干渉計部3にて測定する際、被検光学系2を精度良く回転できるため、測定精度がさらに向上する。

【0015】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、反射鏡による被検光学系の測定精度の劣化を低減することができる。MTFの測定精度の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光学性能測定装置を示す基本構成図である。

【図2】本発明の光学性能測定方法における演算処理を示すチャート図である。

【図3】本発明の光学性能測定装置の実施例1を示す構成図である。

【図4】本発明の光学性能測定方法の実施例1, 2, 3における演算処理を示すチャート図である。

【図5】本発明の光学性能測定装置の実施例2を示す構成図である。

【図6】本発明の光学性能測定装置の実施例3を示す構成図である。

【図7】本発明の実施例3における被検光学系の回転角測定機構を示す説明図である。

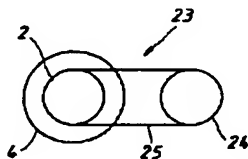
【図8】従来の光学性能測定装置を示す構成図である。

【図9】従来の光学性能測定方法における演算処理を示すチャート図である。

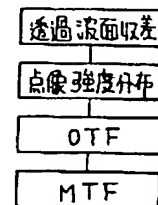
【符号の説明】

- 1 光学性能測定装置
- 2 被検光学系
- 3 干渉計部
- 4 被検光学系回転機構
- 5 反射鏡
- 6 演算部
- 7 表示部

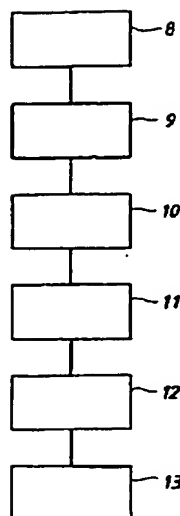
【図7】



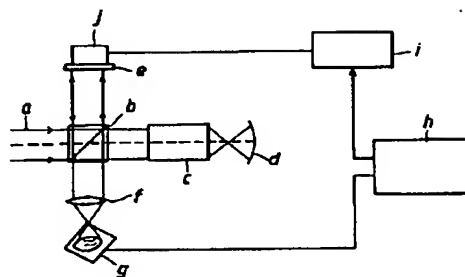
【図9】



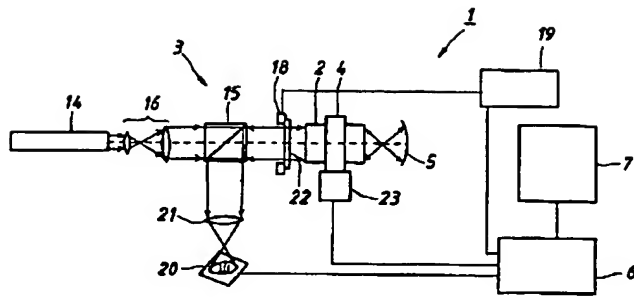
【例4】



【图8】



【図6】



BEST AVAILABLE COPY